

テラヘルツ共鳴トンネルダイオードとフォトニック結晶導波路の集積化と通信応用

Integration of Resonant Tunneling Diodes with Photonic Crystal Waveguide for Terahertz Communications

阪大基礎工¹, ローム² 〇愈 熊斌¹, 山田 諒明¹, 金 在瑛², 富士田 誠之¹, 永妻 忠夫¹

Osaka Univ.¹, Rohm Co., Ltd.² X. Yu¹, R. Yamada¹, J. Kim², M. Fujita¹, T. Nagatsuma¹

E-mail: fujita@ee.es.osaka-u.ac.jp, u787204k@ecs.osaka-u.ac.jp

光波と電波の間の周波数を有するテラヘルツ電磁波は、高速無線通信などの応用が期待されている。しかしながら、テラヘルツ帯はフォトニクスとエレクトロニクスの極限領域に位置するため、そのデバイス技術は発展途上である。我々は、テラヘルツデバイスの集積化に向けて、2次元フォトニック結晶(Photonic Crystal: PC)スラブに着目し、0.1 dB/cm 以下という極低損失なテラヘルツ導波路を実現してきた[1]。一方、テラヘルツ帯の小型能動素子として、共鳴トンネルダイオード(Resonant Tunneling Diode: RTD)[2]が有望である。前回、PC 導波路と RTD の高効率結合と広帯域動作に向けて、PC 導波路と金属線路の高効率結合に関する検討を行い、最大結合効率 67%、3 dB 帯域 70 GHz という高効率かつ広帯域な結合構造の設計について報告した[3]。

今回、設計した結合構造に基づき、PC 導波路の両端に RTD を集積化したデバイスを作製し、それぞれの RTD を送信器(Tx)および受信器(Rx)として、導波路間の通信実験を行ったので報告する。

図1に作製した集積デバイスの写真と RTD チップの寸法図を示す。PC 導波路は 0.3 THz 帯に動作帯域を有する厚さ 200 μm の Si 基板に周期 240 μm の円孔三角格子を形成し、孔を線欠陥状に埋めた構造である。線欠陥導波路の両端部分には、別途作製する RTD をハイブリッド集積化するための長さ 830 μm 、幅 272 μm の溝を形成した。一方、厚さ 100 μm の InP 基板上に RTD 構造と金属線路および metal-insulator-metal (MIM)キャパシタ構造を形成し、電界強度の強い導波路のスラブ中心と RTD の高さを一致させるように前述の溝に埋め込んだ。ここで、スロット幅 6 μm のコプレーナストリップ線路中に RTD を設置し、RTD と MIM キャパシタの距離を 20 μm とした共振回路を形成し、0.34 THz 帯での発振が得られるようにした。さらに、線路のスロット幅を 260 μm まで広げる指数関数的な形状を有するテーパ構造によって、PC 導波路の電磁界を断熱的に変化させることで高効率かつ広帯域な PC 導波路と RTD の結合を実現した。

MIM キャパシタはテラヘルツ波と 20 GHz 以下のベースバンド信号を分離するローパスフィルタの役割も果たし、コプレーナストリップ線路端に形成した電極パッドを通じて、RTD へバイアス電圧および変調信号を印加することができる。

試作したデバイスにプローブを用いてバイアス電圧を印加することで図1左側の RTD を発振動作させ、ON-OFF 変調を行った。一方、図1右側の RTD を検出器として動作させ、プローブを通じて、アイパターンと通信速度に対するビットエラーレートを測定した。図2に示すように 9 Gbit/s において明瞭なアイパターンが観測され、通信速度が 9 Gbit/s 以下で、 10^{-11} 以下のビット誤り率 (エラーフリーの動作) が得られた。

謝辞: 本研究の一部は、JST CREST(#JPMJCR1534)の支援を受けた。

参考文献

- [1] K. Tsuruda *et al.* *Opt. Express*, **23** (2015) 31977.
- [2] S. Diebold *et al.* *Electron. Lett.*, **52** (2016) 1999.
- [3] 愈他, 秋季応物学会 (2017) 8a-S21-8.

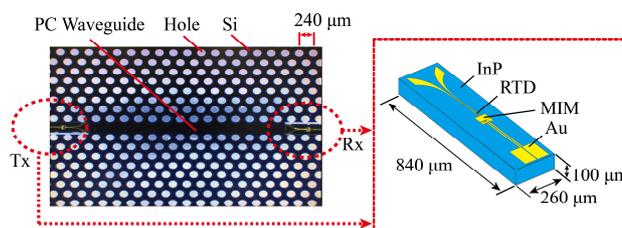


Fig. 1 Coupling structure between RTD and PC waveguide

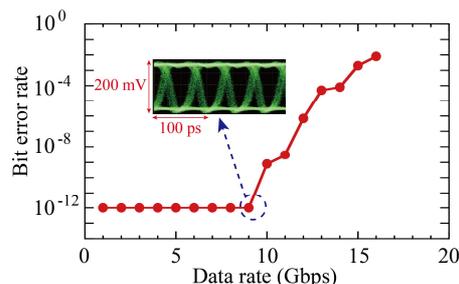


Fig. 2 Bit error rate versus data rate